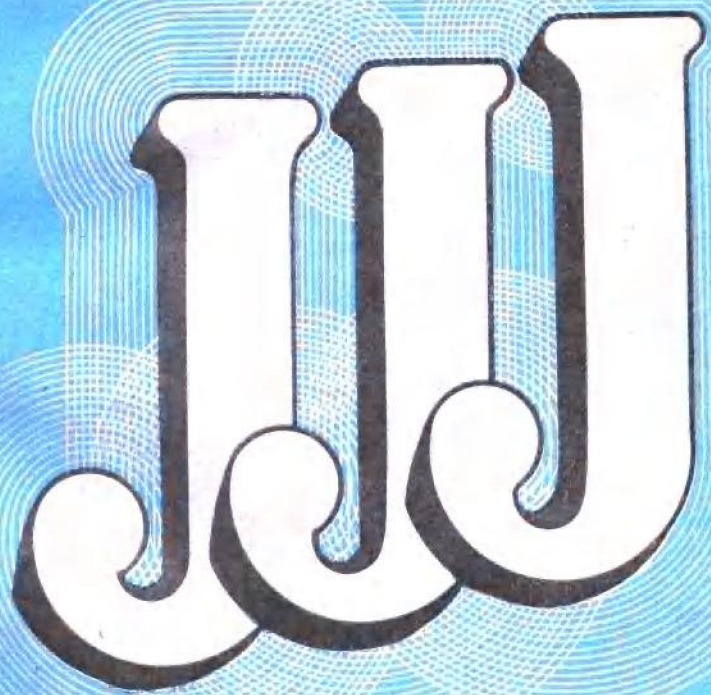


国家机械工业委员会统编

中级铸造工工艺学

机械工人技术理论培训教材

JIXIE GONGREN JISHULILUN PEIXUN JIAOCAI



机械工业出版社

机械工人技术理论培训教材

中级铸造工工艺学

国家机械工业委员会统编



机械工业出版社

以及冒口型和浇口设计 铸造合金及熔炼知识，浇冒口系统。冷铁

前 言

1981年,原第一机械工业部为贯彻、落实《中共中央、国务院关于加强职工教育工作的决定》,确定对机械工业系统的技术工人按照初、中、高三个阶段进行技术培训。为此,组织制定了30个通用技术工种的《工人初、中级技术理论教学计划、教学大纲(试行)》,编写了相应的教材,有力地推动了“六五”期间机械行业的工人培训工作,初步改变了十年动乱造成的工人队伍文化技术水平低下的状况,取得了比较显著的成绩。

鉴于原机械工业部1985年对《工人技术等级标准(通用部分)》进行了全面修订,原教学计划、教学大纲已不适应新《标准》的要求,而且缺少高级部分;编写的教材,由于时间仓促、经验不足,在内容上存在着偏深、偏多、偏难等脱离实际的问题。为此,原机械工业部根据新《标准》,重新制定了33个通用技术工种的《机械工人技术理论培训计划、培训大纲》(初、中、高级),于1987年3月由国家机械工业委员会颁发,并根据培训计划、大纲的要求,编写了配套教材149种。

这套新教材的编写,体现了《国家教育委员会关于改革和发展成人教育的决定》中对“技术工人要按岗位要求开展技术等级培训”的有关精神,坚持了文化课为技术基础课服务,技术基础课为专业课服务,专业课为提高操作技能和解决生产实际问题的能力服务的原则。在内容上,力求以

基本概念和原理为主，突出针对性和实用性，着重讲授基本知识，注重能力的培养，并从当前机械行业工人队伍素质的实际情况出发，努力做到理论联系实际，通俗易懂，具有工人培训教材的特色，同时注意了初、中、高三级之间合理的衔接，便于在职技术工人学习运用。

这套教材是国家机械工业委员会委托上海、江苏、四川、沈阳等地机械工业管理部门和上海材料研究所、湘潭电机厂、长春第一汽车制造厂、济南第二机床厂等单位，组织了200多个企业、院校和科研单位的近千名从事职工教育的同志、工程技术人员、教师、科技工作者及富有生产经验的老工人，在调查研究和认真汲取“六五”期间工人教材建设工作经验教训的基础上编写的。在新教材行将出版之际，谨向为此付出艰辛劳动的全体编、审人员，各地的组织领导者，以及积极支持教材编审出版并予以通力合作的各有关单位和机械工业出版社致以深切的谢意！

编好、出好这套教材不容易；教好、学好这些课程更需要广大职教工作者和技术工人的奋发努力。新教材仍难免存在某些缺点和错误，我们恳切地希望同志们在教和学的过程中发现问题，及时提出批评和指正，以便再版时修订，使其更完善。更好地发挥为振兴机械工业服务的作用。

国家机械工业委员会
技工培训教材编审组
1987年11月

目 录

前言

第一章 造型材料	1
第一节 铸造用砂、粘土及辅助材料	2
第二节 粘土砂	10
第三节 水玻璃砂	15
第四节 植物油砂	19
第五节 树脂砂	21
第六节 石灰石砂	24
第七节 聚乙烯醇砂	27
复习题	29
第二章 造型	30
第一节 造型工艺知识	31
第二节 砂箱造型	42
第三节 地坑造型	56
第四节 刮板造型	62
第五节 骨架模造型	69
复习题	71
第三章 制芯、砂型（芯）的烘干以及合箱和浇注	73
第一节 制芯的工艺知识	73
第二节 芯骨	82
第三节 砂芯的制造	87
第四节 砂型（芯）的烘干规范和烘干设备	95

第五节 合型及抬箱力的计算	108
第六节 铸型浇注	118
复习题	123
第四章 铸造合金及其熔炼知识	125
第一节 金属学基础知识	125
第二节 铸铁及其熔炼	151
第三节 铸钢及其熔炼	167
第四节 铸造有色合金及其熔炼	183
第五节 铸件热处理	203
复习题	214
第五章 浇冒口系统、冷铁和铸筋	216
第一节 铸件的凝固及其控制	216
第二节 浇注系统	228
第三节 冒口	250
第四节 冷铁和铸筋	272
复习题	278
第六章 机器造型	280
第一节 砂型紧实度的要求	280
第二节 机器造型的原理和方法	281
第三节 造型机械	295
复习题	313
第七章 铸件缺陷的分析和检验	314
第一节 铸件缺陷分析	314
第二节 铸件质量的基本术语	334
第三节 铸件缺陷的检验	336
第四节 铸件缺陷的修补	338
复习题	342

第八章 铸造工艺规程及工艺装备	343
第一节 概述	343
第二节 铸造工艺守则的编制	344
第三节 铸造工艺设计	344
第四节 工艺设计举例	371
第五节 铸造工艺装备	381
复习题	390
第九章 特种铸造	392
第一节 金属型铸造	394
第二节 熔模铸造	401
第三节 陶瓷型铸造	403
第四节 离心铸造	409
第五节 压力铸造	415
第六节 特种砂型铸造	421
复习题	425
第十章 生产技术管理知识	427
第一节 生产班组的技术管理	427
第二节 质量管理	435
复习题	437
附录 铸造工艺符号及表示方法	插页

第一章 造型材料

在铸造生产中，运用砂粒、粘土及其它辅助材料制成铸型的铸造方法称为砂型铸造。砂型铸造所生产的铸件约占全部铸件总量的 80~90%。制造砂型的材料统称为造型材料。由砂子、粘土或其它粘结剂和附加物配制而成的混合料称之为型砂。

一般来讲，生产 1t 铸件需用 3~6t 型砂，而其中消耗 1t 左右的造型材料。造型材料的优劣，不仅直接影响到铸件质量，而且对铸件成本、工艺方法、劳动条件和生产率都有很大关系。

随着科学技术的迅速发展，各种新的造型材料也相继问世，为推动铸造生产的发展起着重大作用。例如，原砂以前只用天然硅砂和少量人造硅砂，近年来又有非硅系砂——石灰石砂、锆砂、镁砂、铬矿砂、刚玉砂等投入使用。各种粘结材料的发展也很迅速。在无机粘结剂中，除原来的粘土、膨润土、水泥之外，现在又有用活化膨润土、双快水泥等。在有机粘结剂中除以前使用的桐油、亚麻油、纸浆废液、糖浆之外，现在又采用了合成树脂、乳化沥青、树脂和聚乙烯醇等。它们可取代成本高的植物油和粮食制品粘结剂，这对促进生产的发展，会起有益的作用。

尽管如此，由于合成树脂价格昂贵，应用受到限制。粘土来源广、成本低、货源稳定而被广泛采用。因此，本章着重介绍以粘土为粘结剂的型砂材料。

第一节 铸造用砂、粘土及辅助材料

岩石（一般是指火成岩）经风化后，在原地或经风、水、冰川等搬运沉积而成的天然矿物叫原砂。铸造生产中用来制造砂型（芯）的原砂（主要为硅砂颗粒）称为铸造用砂。岩石风化后其中不稳定的部分便形成粘土。粘土是造型材料中的主要粘结剂。至于辅助材料，虽然种类很多，但都是为了改善型（芯）砂的某些性能的附加物。下面就上述材料分别加以介绍。

一、铸造用原砂

1. 原砂的矿物成分及化学成分 砂子的矿物成分和化学成分直接影响它的耐火性和复用性，因而也直接关系到铸件的表面质量。

(1) 硅系砂 硅系砂包括硅砂、石英—长石砂、粘土砂三类。它们的矿物组成主要是石英、长石和云母，其次是铁的氧化物、碳酸盐等。

石英的化学成分主要是二氧化硅（ SiO_2 ），呈白色或略带灰色，含有少量的金属氧化物和杂质。石英坚硬、耐高温，是砂子的主要成分。

长石和云母熔点低、硬度低，容易破碎，因而降低了砂子的耐火性和复用性。

长石为铝硅酸盐。常见的有钾长石、钠长石和钙长石三种。

云母有黑云母和白云母之分，硬度很低（为莫氏硬度2~3级）。

砂子中铁的氧化物一般以褐铁矿（ $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ）、赤铁矿（ Fe_2O_3 ）、磁铁矿（ Fe_3O_4 ）三种形式存在。

砂子中的碳酸盐多以石灰石 (CaCO_3) 和白云石 ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$) 等形式存在。

除此以外, 砂子中还含有碱金属氧化物 (如 Na_2O 、 K_2O 。它主要存在于长石和云母中, 能与石英形成低熔点化合物, 造成化学粘砂) 以及碱土金属氧化物 (如 CaO 、 MgO 。它主要存在于长石、石灰石、白云石中, 能与 FeO 和 SiO_2 生成易熔物质, 但不会造成粘砂)。无论是铁的氧化物、碳酸盐, 还是碱 (或碱土) 金属氧化物都是砂子中的有害杂质, 在选用时要严加控制。

根据二氧化硅、含泥量及有害杂质的含量多少, 铸造用砂的分类情况见表 1-1。

(2) 非硅系砂 非硅系砂也叫特种砂。它是指矿物成分中含少量或不含有游离二氧化硅的原砂。目前, 常用的主要有镁砂、铬铁矿砂、锆砂、熟料、碳质材料、钛铁矿砂等。

硅砂来源广、价格低, 但它的耐火性有一定的限度, 且易与碱性氧化物作用而产生化学粘砂。因此, 在浇注大型铸钢件、合金钢或其它高熔点合金时, 硅砂是满足不了要求的, 而必须采用中性或碱性砂来做原砂和配制涂料。但特种砂比较贵重、稀少, 应合理选用。

2. 原砂的颗粒特性 砂子的颗粒特性 (颗粒大小、形状、均匀度) 是铸造用砂的主要指标, 对型砂的透气性、强度、耐火性等较大的影响。

砂子的颗粒大小和均匀度用筛分法来测定, 其颗粒组成则一般用符号法来表示, 即以标准筛筛分后砂粒最集中的三个相邻筛子的头尾筛号来表示。例如 40 / 70, 即表示砂子主要集中在 40、50、70 三个相邻的筛子上。40、70 为三个相邻筛的头尾筛号。若 70 号筛上的存留量多于 40 号筛的,

表 1-1 铸造用砂的分类

原砂 名称	等级 符号	含泥量 (%)	SiO ₂ (%)	有害杂质不大于 (%)			参考使用范围
				K ₂ O+Na ₂ O	CaO+MgO	Fe ₂ O ₃	
硅砂	1S	<2	>97	0.5	1.0	0.75	用于配铸钢 型 (芯) 砂 可用于配各 种铸铁件及小 型 铸 钢 型 (芯) 砂
	2S	<2	>96	1.5		1.0	
	3S	<2	>94	2.0		1.5	
	4S	<2	>90	—		—	
石英 —长 石砂	1SC	<2	>85	—	—	—	用于配铸铁 件及有色件的 型 (芯) 砂
	2SC	<2	>85	—	—	—	
粗 —中 —细 砂	1N	>2~10	—	—	—	—	用作铸铁及 有色铸件用型 (芯) 砂的附 加物、以提高 湿强度、改善 造型性能
	2N	>10~20	—	—	—	—	
	3N	>20~30	—	—	—	—	
	4N	>30~50	—	—	—	—	

注：本表中所规定的氧化铁含量，是将原砂中所分析出的全部铁含量按氧化铁进行换算的值。

则应记作 70 / 40。

根据砂粒组成，铸造用砂分成特粗砂、粗粒砂、中粒砂、细粒砂和特细砂五组。

3. 原砂的选用 选用原砂的原则首先是要满足型砂的

性能要求，保证铸件质量；其次还要考虑来源丰富、价格便宜，最好是就地取材。

在生产中，原砂是根据铸件的合金种类、重量、铸型种类、造型或制芯等的不同特点来选用的。各种合金铸件常用原砂类别见表 1-2。

表 1-2 各种合金铸件常用原砂的类别

合金种类	用 途	原砂类别
铸钢件	湿型铸造 200kg 以下	S50 / 100, S100 / 50, S70 / 140
	湿型铸造 200kg 以上	S40 / 70, S70 / 40, S50 / 100
	干型铸造 500kg 以上	S20 / 40~S50 / 100, S70 / 40, S50 / 100
铸铁件	湿型 20kg 以下可锻铸铁件	1N70 / 140, 2N100 / 200, S70 / 140
	湿型铸造 360kg 以下灰铸铁件	2N70 / 140, 1N50 / 100, SC50 / 100, SC70 / 140
	表面干型中、小件	SC12 / 30~30 / 50, S12 / 30~30 / 50
	干型铸造 200kg 以上	SC20 / 40~50 / 100, S20 / 40~50 / 100
	干型用芯砂	SC20 / 40~40 / 70, S20 / 40~40 / 70
有色铸件	湿型及干型铸造青铜及黄铜件	2N70 / 140~100 / 200, SC70 / 140~100 / 200
	湿型及干型铸造铝铸件	2N100 / 200, ZN140 / 270, ZN70 / 140
	小型有色件	ZN200 / 270

(1) 铸钢用砂 铸钢的浇注温度在 1500℃ 左右，所以要求原砂有较高的耐火性，其二氧化硅的含量应大于 94%。因此，常采用 1S、2S、3S 硅砂，粒度也应粗些，多半用 20 / 40~50 / 100 的粗粒砂和中粒砂。

(2) 铸铁用砂 铸铁的浇注温度在 1400℃ 以下，故原砂的选用范围较宽。一般用石英-长石砂，大件可用 4S 硅砂，小件可用 1N 粘土砂。粒度在 30 / 50~100 / 200（粗粒、中粒和细粒砂）。

(3) 有色铸件用砂 铸铜浇注温度为 1200℃，铸铝浇注温度为 700℃ 左右，所以对原砂要求不严格。一般用石英-长石砂，1N 粘土砂，粒度为 70 / 140~140 / 270。

二、铸造用粘土

粘土主要由细小结晶质的粘土矿物组成，其化学式是：

表 1-3 国内几个主要

产地名称	化 学 成 分						
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	CaO	K ₂ O
福建福清县尤田	64.62	20.78	2.72	1.22	0.60	0.48	1.65
江苏江宁县祖堂山	51.92	31.29	1.44	1.26	1.14	0.69	1.86
广东东莞县	61.48	24.01	2.82	1.12	0.74	0.15	2.53
湖北武汉黑山湾	64.84	20.91	3.08	1.01	0.68	0.21	2.62
河南巩县小关	42.06	21.22	2.78	0.98	0.59	0.38	1.43
北京八宝山	61.52	18.11	5.34	0.89	2.11	1.97	3.74
辽宁沈阳东陵赵家沟	65.04	18.37	4.82	1.20	0.88	0.69	2.13
吉林永吉县	58.30	27.93	2.40	1.43	0.65	0.35	0.85
湖南澧县王家厂	63.30	21.53	3.27	1.19	0.87	0.33	2.54

$m\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 。按矿物结构和性能的不同，粘土分普通粘土和膨润土两大类。

1. 粘土的矿物组成及化学成分

(1) 普通粘土（又叫白泥） 它的矿物组成是高岭石或伊利石及其它杂质。耐火性取决于矿物组成，一般为 1500°C 左右。国内几个主要粘土矿的物化性能见表1-3。

(2) 膨润土及其活化处理 膨润土（又叫酸性陶土），是由蒙脱石类矿物组成。其化学式是： $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 。用“膨”字汉语拼音的第一个字母“P”来表示。膨润土分钙膨润土（用 P_{Ca} 表示）和钠膨润土（用 P_{Na} 表示）两类。

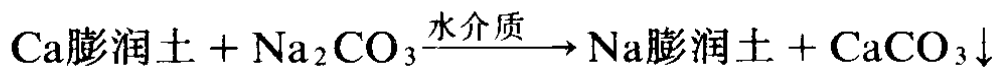
膨润土同普通粘土比较：一是颗粒极细（大小为 0.0001mm ）；二是被水浸润后，其体积可膨胀几倍至十几倍。

粘土矿的物化性能

（%）		胶质价	吸兰量 g / 100 g 试料	吸水率		耐火性 （ $^\circ\text{C}$ ）	强度（ $\times 10^4\text{Pa}$ ）	
Na_2O	烧灼			2h	2h		湿压	干压
0.46	7.93	40	8	74	87	1560~1580	0.25	4.4
0.06	10.25	50	11	92	106	1630~1650	0.69	7.6
0.18	7.57	50	5	70	92	1610	0.28	2.1
0.37	5.83	38	4	—	—	<1580	—	—
1.04	20.82	51	8	78	90	<1580	0.62	6.8
0.52	5.17	36	6	46	68	<1580	0.24	4.2
0.29	6.02	40	11	84	106	<1580	0.31	6.0
0.13	10.10	60	12	70	82	1650	0.45	4.2
0.10	6.56	76	8	62	100	1580	0.31	3.9

倍；三是粘结力很高，比普通粘土大 2~4 倍；四是耐火性比普通粘土要低。

钠膨润土比钙膨润土的粘结力要高得多，但钠膨润土产量少、价格贵、应用受到限制。生产中常对钙膨润土进行活化处理，使之变为钠膨润土。所谓活化处理就是通过加入活化剂，如 Na_2CO_3 ， NaOH ， NaCl 等，使钙膨润土变为钠膨润土的过程。这个过程要在水介质中进行，其反应式如下：



活化处理后的钙膨润土具有钠膨润土的一切性质。

2. 粘土的选用 选用粘土要从生产实际出发，既要考虑技术上合理、生产成本低，又要能满足生产要求、保证铸件质量。例如膨润土的耐火性较低，但粘结力好、用量少。它不仅不会降低型（芯）砂的耐火性，而且对提高湿强度，改善透气性有好处。因此，膨润土除用于湿型砂外，还常同普通粘土混合使用于干型砂。

三、辅助材料

为了改善型（芯）砂的某些性能，常常需要在砂中加入一些价格低廉的附加材料。这些附加材料又叫辅助材料。常用辅助材料分为三类。

1. 改善退让性和透气性的材料 有些材料，如锯木屑等，加入型砂中能增加砂粒间的空隙（因为砂型（芯）在烘干后，锯木屑被烧去而留下空隙），因而改善了型砂的透气性和退让性。

2. 防止铸件粘砂的材料 高温金属液进入型腔后，常侵入砂粒缝隙间或同砂型（芯）的某些物质发生化学作用，

而在铸件表面形成粘砂缺陷。为了防止这种现象，常在型砂内混入能增加耐火性的材料，或在砂型（芯）表面涂敷一层保护材料，使砂型（芯）表面同金属液隔开。防止铸件粘砂的材料有以下几种：

（1）煤粉 煤粉一般只用于湿型砂。其加入量视铸件壁厚而定。壁越厚加入量也越多。金属液浇入铸型后，煤粉燃烧，便在砂型（芯）表面形成一层耐高温的黑烟，因而保护了砂型（芯）的表面。

（2）石墨粉 石墨粉常用作铸铁件干型的敷料和涂料。石墨粉的特点是化学性质不活泼，但耐火性很高。因此，它是一种很好的防粘砂材料。

（3）石英粉 可用于铸钢、铸铁及有色合金铸件的敷料和涂料中。但一般只用在铸钢件上。

（4）滑石粉 它可用作铸铁及有色合金铸件的敷料和涂料。

（5）重油 一般用于铜铸件的湿型上，可以在混砂时加入或喷洒在砂型的表面上。

3. 防止型（芯）砂粘模的材料 当型（芯）砂对模样（或芯盒）有较强的粘附倾向时，则要使用防粘模材料。

（1）煤油 它可用布抹在或喷在模样（或芯盒）的工作表面上。

（2）石松子粉 是一种细而轻的黄色粉末，被覆性好，所以是一种很好的防粘模材料。

另外，滑石粉、石墨粉也有防粘模作用。

4. 提高型砂强度的材料 加入糖浆、纸浆等可提高型砂的强度。